

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE:**

Ingeniero Mecánico

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA
PORTÁTIL PARA RECARGAR EXTINTORES DE PQS (POLVO QUÍMICO
SECO) DESDE 1 KG HASTA 45 KG.**

AUTORES

**VÍCTOR EDUARDO AYALA TOAPANTA
CARLOS MAURICIO LOACHAMIN SUQUILLO**

TUTOR

ING. PATRICIO QUITIAQUEZ

Quito, marzo 2018

Cesión de derechos de autor

Nosotros, Ayala Toapanta Víctor Eduardo, con documento de identificación N°172079159-7 y Loachamín Suquillo Carlos Mauricio, con documento de identificación N° 171590421-3, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PORTÁTIL PARA RECARGAR EXTINTORES DE PQS (POLVO QUÍMICO SECO) DESDE 1KG HASTA 45 KG”**, el mismo que ha sido desarrollado para obtener el Título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Ayala Toapanta Víctor Eduardo

CI: 172079159-7



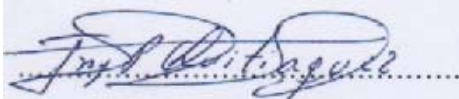
Loachamín Suquillo Carlos Mauricio

CI: 171590421-3

Quito, marzo 2018.

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PORTÁTIL PARA RECARGAR EXTINTORES DE PQS (POLVO QUÍMICO SECO) DESDE 1KG HASTA 45 KG”**, realizado por Ayala Toapanta Víctor Eduardo y Loachamín Suquillo Carlos Mauricio, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como Trabajo Final de Titulación.



Quitiaquez Sarsoza Rene Patricio

CI: 171059726-9

Quito, marzo 2018.

DEDICATORIAS

El presente trabajo está dedicado a: Mis padres Martha y Carlos por su sacrificio, su amor y su dedicación, los cuales nunca me dejaron desmayar en cumplir este objetivo. A mis hermanos: Gabriela y Darío quienes fueron un apoyo moral. A mi novia Mayra quien no me dejó en ningún momento durante la realización de este proyecto.

Mauricio

A mi padre Víctor por su ejemplo de dedicación, paciencia y esfuerzo, a mi madre Gloria por la disciplina, carácter y confianza, a ellos en especial quienes son un pilar fundamental en mi formación y su apoyo incondicional. A mi hermano Andrés por ser ejemplo de sacrificio. A mis hermanas: Liz y Jeamileth por su cariño. A una gran mujer S.G. que me enseñó a centrar mis objetivos y a todos quienes directa o indirectamente participaron en la elaboración de este proyecto.

Víctor.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberme dado la sabiduría y la salud para llegar hasta donde estoy. Un especial agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación del presente proyecto: a mis padres Carlos y Martha, a mis Ingenieros de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial al Ing. Patricio Quitiaquez quien nos guió y apoyó para la culminación de este proyecto; a mi amigo y compañero del proyecto Víctor por el apoyo que me brindó para poder alcanzar esta anhelada meta.

Mauricio

El agradecimiento de este proyecto va dirigido a Dios, a mi familia, que estuvieron siempre pendientes y apoyándome para la finalización del presente proyecto, a los Ingenieros de la Universidad Politécnica Salesiana, un especial agradecimiento al Ing. Patricio Quitiaquez, quien fue guía y apoyo para la realización de este proyecto y a todas las personas que encaminaron la realización de esta meta trazada.

Víctor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
CAPÍTULO I.....	3
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Marco teórico.	3
1.1.1. Fuego [1].	3
1.2. Clasificación de los fuegos [1].	4
1.3. Tipos de extintores [4].	6
1.3.1. Extintores de polvo químico seco (PQS) [6].	9
1.3.2. Partes del extintor de PQS [7].	10
1.4. Polvos químicos [6].	11
1.4.1. Propiedades generales de los polvos [6].	12
1.5. Nitrógeno [8]	12
1.6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	12
1.6.1. Recarga manual [9].	12
1.6.2. Recarga con equipos estacionarios [9].	13
1.6.3. Recarga con equipos portátiles [9].	14
1.7. Análisis y selección de alternativas.....	15
1.7.1. Calificaciones de alternativas.....	15
1.8. FORMULACIÓN TEÓRICA.	17
1.8.1. Uniones permanentes	17
1.8.2. Uniones no permanentes	18
1.8.3. Fuerza hidrostática sobre superficies planas [13].	18
1.8.4. Cálculo de la tolva.....	19
CAPÍTULO II	21
2. DISEÑO.....	21
2.1. Cálculo para el diseño de la tolva.....	21
2.1.1. Cálculo del volumen de la tolva [14].	21
2.2.2. Cálculo de esfuerzos de la tolva.....	22
2.2.3. Cálculo de la masa de la tolva.....	23
2.2.4. Cálculo de la masa de la mesa.....	25
2.3. Cálculo de presión.....	27
2.3.1. Cálculo de la gravedad específica del PQS.....	27

2.3.2.	Cálculo de la presión manométrica	27
2.3.3.	Cálculo de la fuerza en el fondo de la tolva	28
2.3.4.	Cálculo de la fuerza de la pared	28
2.4.	Cálculo de la soldadura a tensión	28
2.5.	Cálculo de pernos	29
2.6.	Selección de elementos neumáticos.	32
2.6.1.	Selección de la válvula solenoide [16].....	32
2.6.2.	Selección de la unidad de mantenimiento [16].	32
2.7.	Selección de las garruchas.....	32
2.8.	Selección de la manguera	34
2.9.	Simulación.....	34
2.10.	Verificación del flujo másico.	37
2.11.	Tensiones de von mises en la manguera	38
2.12.	Tensiones de von mises en el cuerpo de la tolva.....	39
2.13.	Tensiones de von mises en la salida del PQS.....	40
CAPÍTULO III		41
3.	Análisis de costos.	41
3.1.	Costos directos.	41
3.2.	Costos indirectos.	43
3.3.	Costo total de la máquina.	44
3.4.	Retorno de la inversión.	44
3.4.1.	Fondo Neto Efectivo (FNE).....	44
3.4.2.	VAN (Valor Actual Neto).....	46
3.4.3.	TIR (Tasa Interna de Rendimiento)	46
3.5.	PAY-BACK ACTUALIZADO.....	48
CONCLUSIONES.		50
RECOMENDACIONES.....		51
BIBLIOGRAFÍA		52
ANEXOS.		54
MANUALES.		55
Manual de operación de la máquina.....		55
Manual de mantenimiento.....		56

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Tabulación de datos de las alternativas.....	16
Tabla 2 Especificaciones técnicas de la válvula solenoide.	32
Tabla 3 Especificaciones técnicas de la unidad de mantenimiento.....	32
Tabla 4 Datos de Volumen – tiempo - caudal.....	37
Tabla 5 Datos de capacidad de llenado vs tiempo de llenado.....	38
Tabla 6 Costos de materiales.....	41
Tabla 7 Costos de diseño e ingeniería.....	42
Tabla 8 Costos de mano de obra	43
Tabla 9 Costos indirectos.....	43
Tabla 10 Costo total de la máquina.....	44
Tabla 11 Fondo Neto Efectivo (FNE).....	45
Tabla 12 Cálculo del VAN.....	46
Tabla 13 Cálculo del TIR.....	47
Tabla 12 Tiempo de recuperación de la inversión	48

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1 Porcentajes de elementos químicos en el aire [2].	4
Fig. 2 Simbología fuego clase A. [3]	4
Fig. 3 Simbología fuego clase B. [3]	5
Fig. 4 Simbología fuego clase C. [3]	5
Fig. 5 Simbología fuego clase D. [3]	5
Fig. 6 Simbología fuego clase K. [3]	6
Fig. 7 Extintor de agua. [5]	7
Fig. 8 Extintor de agua pulverizada. [5]	7
Fig. 9 Extintor de espuma. [5]	8
Fig. 10 Extintor de polvo químico. [5]	8
Fig. 11 Extintor de CO ₂ . [5]	9
Fig. 12 Partes del Extintor. [7]	10
Fig. 13 Gráfico de zonas del manómetro. [7]	10
Fig. 14 Carga de extintor manual.	13
Fig. 15 Equipo estacionario de carga de un extintor. [10]	14
Fig. 16 Equipo portátil de carga de un extintor.	15
Fig. 17 Gráfico de tabulación de datos de las alternativas.	16
Fig. 18 Proceso de soldadura MIG [11].	17
Fig. 19 Gráfico de soldaduras a tope.	18
Fig. 20 Gráfico dimensional de la tolva.	21
Fig. 21 Gráfico del cálculo del área de un trapecioide.	24
Fig. 22 Gráfico de tubo cuadrado 40 x 3mm [15].	26
Fig. 23 Especificaciones técnicas de las garruchas.	33
Fig. 24 Diagrama de funcionamiento neumático. [Festo Fluid SIM]	35
Fig. 25 Diagrama de los diferentes componentes. [Festo Fluid SIM]	35
Fig. 26 Diagrama de eléctrico del control de mando. [Festo Fluid SIM]	36
Fig. 27 Tensión de Von Mises en la manguera.	39
Fig. 28 Tensión de Von Mises en el cuerpo de la tolva.	39
Fig. 29 Tensión de Von Mises en la salida.	40
Fig. 30 Gráfico del TIR en porcentaje.	47
Fig. 31 Gráfico de PAY-BACK.	49

NOMENCLATURA

D	Diámetro.	K	Constante para el cálculo de presión en la tolva.
h	Garganta de la soldadura.	P_w	Presión en la pared de la tolva.
l	Longitud de la soldadura.	P_T	Presión total de trabajo.
P	Presión.	P_v	Presión en el fondo de la tolva.
F	Fuerza.	t	Espesor plancha para tolva.
A	Área.	σ_{adm}	Esfuerzo admisible.
ρ	Densidad.	r	Radio.
m	Masa		
γ	Peso específico.		
w	Peso.		
\mathcal{Sg}	Gravedad específica.		
γ_s	Peso específico de sustancia.		
γ_{H_2O}	Peso específico del agua.		
V	Volumen.		
H	Altura de la parte rectangular.		
h	Altura de la parte piramidal.		
A1 y A2	Áreas respectivas.		
Θ	Ángulo de caída de la tolva.		
g	Gravedad (m/s^2).		
μ	Coefficiente de fricción.		
g_c	$1kg\ m/N\ s^2$. constante		

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo diseñar y construir una máquina semiautomática portátil para recargar extintores de PQS utilizados en el campo de la seguridad industrial. El objetivo surge a partir de las necesidades de las empresas del área. El diseño y construcción de una máquina con estas características ayudará al campo de la seguridad industrial, ya que facilitará el mantenimiento correctivo de los implementos mata fuegos de tipo A, B, C. Así mismo el uso de una máquina semiautomática de recarga reduce la contaminación producida por los residuos que se esparcen en el lugar de trabajo al momento de cargar un extintor con polvo químico seco. Por otra parte, una máquina semiautomática de fácil manejo que puede ser operada por una sola persona disminuye el tiempo que se utiliza en cada recarga, por lo tanto la productividad aumenta.

Para cumplir con tal objetivo se realizara un análisis de la disponibilidad de agentes en el mercado del país a fin de que la máquina portátil para recargar extintores de PQS sea diseñada y construida a partir de materiales accesibles en el mercado así como piezas de poca complejidad elaboradas en centros de mecanizado. Así mismo se realizó una investigación de costos, de tal manera, que el presupuesto de inversión permita generar un precio de venta que facilite la competitividad en el mercado así como la reproductibilidad de la máquina portátil.

Palabras clave: extintores de polvo químico seco, máquina de recarga portátil.

ABSTRACT

This research has as objective to design and build a semiautomatic portable machine to recharge dry chemical powder fire extinguishers, which are used in the industrial safety field. The reason for building such a machine emerges from the need of the companies in charge of these kinds of fire extinguishers. Regarding the design and construction of a device with these characteristics, it can be said that it will help in the industrial safety field, since it will aid with the corrective maintenance of the A, B, C type instruments used for killing fires. Also, the use of a semiautomatic machine like this will reduce contamination produced when recharging dry chemical powder fire extinguishers in the workplace. Concerning the productivity, a semiautomatic device like this diminishes the time used for each recharge thanks to its easy handling and the possibility of being used by just one person.

In order to fulfill the objective, an analysis of the availability of materials was carried out in the Ecuadorian market, so that the portable machine to recharge dry chemical powder extinguishers could be designed and constructed from available materials in the market as well as with simple parts made in machining centers. Furthermore, a research of costs was carried out, so the investment budget generates a retail price that helps make this portable machine affordable in the market as well as in its manufacturing.

Key words: dry chemical powder extinguishers, portable recharging machine

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como tema el diseño y la construcción de una máquina semiautomática portátil para recargar extintores de PQS. Esta idea surge a partir de las necesidades en las diferentes empresas, para facilitar la recarga de sus extintores.

En el ámbito académico el interés de este proyecto se basa en mejorar los tiempos de recarga de extintores, la disminución de contaminación del medio ambiente y la seguridad de las personas que realizan este trabajo.

Con lo proyectado anteriormente se establecen los siguientes capítulos:

Capítulo I.- presenta las generalidades del tema, dentro de las cuales se especifican conceptos importantes, relacionados con el fuego, extintores y sus agentes. Tomando énfasis en los extintores de polvo químico seco (PQS). Además en este capítulo se describe el estudio de alternativas y sus análisis. Por último se expone las fórmulas teóricas que nos servirán para el diseño de la máquina.

Capítulo II.- se encuentra el diseño y los cálculos de la tolva, mesa, soldadura, presión, masa y pernos. También se aprecia el proceso de selección de elementos neumáticos, garruchas y manguera que nos permite el funcionamiento de la máquina, verificado por las simulaciones aquí presentes.

Capítulo III.- muestra el análisis de costos, confirmando la viabilidad del proyecto con diferentes métodos como el TIR, el VAN y el retorno de la inversión.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar y construir una máquina semiautomática portátil para recarga de extintor de PQS (Polvo Químico Seco) desde 1Kg hasta 45Kg.

Objetivos Específicos:

- Plantear alternativas viables de los equipos semiautomáticos portátiles para recarga de extintor de PQS y seleccionar la mejor opción.
- Diseñar los distintos elementos mecánicos que componen una máquina semiautomática portátil para recarga.
- Seleccionar elementos estandarizados para el diseño de la máquina semiautomática portátil para recarga de extintor de PQS.
- Modelar en tres dimensiones con software especializado la máquina semiautomática portátil para recarga de extintor de PQS y simular los elementos críticos de acuerdo a las cargas a la que será sometida, validar el funcionamiento de la máquina.
- Realizar pruebas de la máquina semiautomática portátil para recarga.
- Analizar el retorno de inversión del diseño y construcción de la máquina.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.

En la primera parte del proyecto se presenta varios conceptos importantes en el campo de seguridad industrial, en específico los tipos de agentes que están en competencia para actuar en caso de incendios, también se encuentra información de los diferentes tipos de extintores que se pueden emplear según el tipo de fuego que se pueda presentar. También se da a conocer los tipos de extintores de uso más común dentro de los diferentes establecimientos en nuestro país, se expone además como información importante el tema del fuego como se origina y que factores son importantes para producirlo. La seguridad industrial en contenido es más que una situación de seguridad física, de bienestar personal, de un ambiente de trabajo apto, una economía representativa, imagen de modernización y filosofía laboral.

1.1. Marco teórico.

1.1.1. Fuego [1].

Es una reacción química oxidación-reducción de perfil exotérmico, si esta reacción alcanza cierta velocidad se provoca el fuego.

a Factores del fuego.

Para que el fuego esté en su etapa de ignición necesita que se den juntamente tres factores:

- Combustible.
- Comburente.
- Calor o energía de activación (chispa).

Combustible: materia que va a prender, por su origen y la forma en que se presente va a depender el tipo de fuego y la velocidad de propagación.

Comburente: se presenta por lo general en el oxígeno y se lo encuentra en el aire en un 21% aproximadamente. Esto se observa en la figura 1.

Calor o energía de activación: es la chispa necesaria para empezar el fuego.

Aire: es una mezcla de gases en proporciones poco variables compuesto por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), y otras sustancias (1%), como ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles (como kriptón y argón). En la figura 1 se indica los porcentajes de elementos químicos del aire.

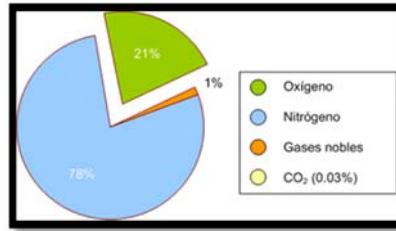


Fig. 1 Porcentajes de elementos químicos en el aire [2].

Carga calorífica: hace referencia a la cantidad de calor liberada por los materiales presentes en un lugar, medida por unidad de área.

1.2. Clasificación de los fuegos [1].

Existen 5 tipos de fuegos los cuales se asignan a cada uno con un símbolo y letra. Estos aparecen en los extintores para poder determinar el apropiado para aplicarlo. Son los siguientes:

Fuego de clase A.- Se produce en materiales combustibles sólidos, como papel, cartón, textiles, madera, etc., cuando estos materiales terminan de quemarse dejan residuos de ceniza o brasas. Como se observa en la figura 2 el símbolo es un triángulo de color verde, con la letra A en color blanco en su interior.



Fig. 2 Simbología fuego clase A. [3]

Fuego de clase B.- Este tipo de fuego se produce en combustibles líquidos inflamables, como gasolina, pinturas, provenientes del petróleo, etc., incluido el gas licuado de petróleo; a diferencia de la clase A no deja residuos al quemarse. El símbolo

se observa en la figura 3 que es un cuadrado en color rojo, con letra B en color blanco en su interior.



Fig. 3 Simbología fuego clase B. [3]

Fuego clase C.- Estos se los pueden identificar como fuegos eléctricos, son aquellos producidos en equipos o instalaciones bajo carga eléctrica, es decir que se halla energizado. Cuando en un fuego de clase C se corta la energía eléctrica, éste pasa a ser de tipo A, B o D, dependiendo de los materiales implicados.

La simbología se observa en la figura 4 el cual es un círculo en color azul, con letra C en color blanco en su interior.



Fig. 4 Simbología fuego clase C. [3]

Fuego clase D.- Se produce en polvos o virutas de aleaciones de metales livianos como aluminio, magnesio, etc. Como se observa en la figura 5, el símbolo es una estrella en color amarillo, con letra D en color blanco en su interior.



Fig. 5 Simbología fuego clase D. [3]

Fuego clase K.- Son los que se producen en aceites vegetales, grasas animales no saturadas. Entre estas se tiene, aceites de cocina, manteca, mantequilla, etc. En la figura 6 se muestra el símbolo que es un rectángulo en color negro, con la letra K en color blanco en su interior.



Fig. 6 Simbología fuego clase K. [3]

1.3. Tipos de extintores [4].

a Según el fuego.

Los extintores según el fuego son de tipo A, B, C, D y K, señalada anteriormente en el ítem 1.2.

Lo más común es encontrar extintores del tipo A, B, C, que sirven para apagar fuegos de sólidos, líquidos y gas.

b Según el agente extintor.

Internamente en los extintores hay dos factores que ayudan a sofocar el fuego para apagarlo los cuales son: un agente extinguidor y un agente expulsor.

Los agentes matafuegos más comunes son:

De agua. - Estos están fabricados a base de agua y se utilizan para fuegos tipo A en territorios donde no preexiste electricidad. Cabe recalcar que el agua no se utiliza para fuegos de combustibles líquidos tales como gasolina o el aceite. El agua por poseer mayor densidad que la gasolina o el aceite, esta, si se coloca encima del agua, no apagaría el incendio. La presentación de este tipo de extintor se observa en la figura 7.



Fig. 7 Extintor de agua. [5]

De agua pulverizada. - Están fabricados a base de agua con un agente presurizado y son los más recomendables para sofocar fuegos de tipo A, también aplicados para fuego de tipo B. No se deben usar por ningún motivo en presencia de corriente eléctrica, porque el contacto del agua con la corriente eléctrica podría provocar una electrocución. Este tipo de extintor se observa en la figura 8.

Es recomendable tenerlo fuera de la casa donde no concurre riesgo eléctrico, por ejemplo, pasillos, jardines, etc.



Fig. 8 Extintor de agua pulverizada. [5]

De espuma. - Recomendado para fuego de tipo A, B y K, es utilizado por los bomberos en simulacros. Estos actúan al sofocar la llama y enfriar el combustible, ya que al generar una capa de material acuoso desplazará al oxígeno e impedirá el escape de vapores con lo cual evitará la combustión. En la figura 9 se muestra gráficamente el extintor de espuma. Es peligroso en presencia de electricidad.



Fig. 9 Extintor de espuma. [5]

De polvo químico. - Es el más común y utilizado en cualquier edificio, centro comercial, lugar de trabajo. Este tipo de extintor es conveniente para fuegos de tipo A, B y C, al ser de polvo evitará el riesgo eléctrico. Ver figura 10.

Estos actúan al formar una capa que se funde con la presencia de calor, al crear una barrera entre el oxígeno y el material combustible.



Fig. 10 Extintor de polvo químico. [5]

De CO₂. - Su composición es un gas y por tanto no transfiere la electricidad. Este tipo de extintor es recomendable para fuego de tipo A, B y C. El CO₂ al estar a presión dentro del extintor y al ser liberado bruscamente la temperatura de este descenderá a - 70°C lo que provoca que el combustible se enfríe rápidamente y el oxígeno se desplace por el gas. Ver figura 11.



Fig. 11 Extintor de CO₂. [5]

1.3.1. Extintores de polvo químico seco (PQS) [6].

Una vez expuesta la información importante para seleccionar un equipo contra incendios, se va a describir sobre los extintores portátiles tomando en cuenta las normativas nacionales e internacionales, la siguiente información se concentrará más a fondo en los extintores de PQS, que en la mayoría de los casos son los más utilizados en los establecimientos porque estos son de tipo ABC o BC abarcando así entre el 60 y 70 % el área de protección dependiendo de la clase de fuego.

Extintores de polvo químico seco (PQS). - estos se elaboran principalmente de polvos secos como el bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, cloruro de potasio y fosfato mono-amónico. Este extintor como se mencionó anteriormente sirven para combatir fuegos tipo A, B y C.

Su uso principal es para suprimir incendios originados por combustibles líquidos. Las principales propiedades de estos matafuegos es que no son conductores de electricidad, por lo que también son recomendables para usar en incendios originados por electricidad.

1.3.2. Partes del extintor de PQS [7].

Las partes que más se caracterizan en el extintor se muestran en la figura 12:

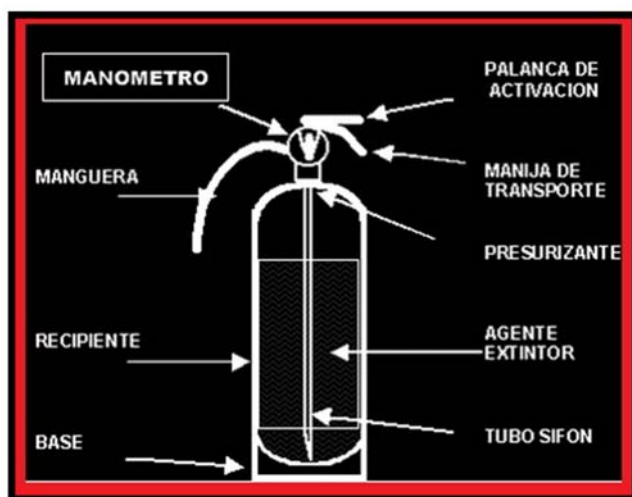


Fig. 12 Partes del Extintor. [7]

Manómetro. - este indicará si el extintor se encuentra operativo o no, la aguja debe estar en la zona verde para identificar que el extintor se encuentra cargado, si se encuentra en la zona roja antes de la verde el extintor se encuentra descargado y si se encuentra en la zona roja después de la zona verde esto quiere decir que se encuentra sobrecargado. Se indica en la figura 13.



Fig. 13 Gráfico de zonas del manómetro. [7]

Palanca de activación. - Esta permite accionar el extintor.

Manija de transporte. - Esta sirve para trasladar al extintor hasta el lugar de emergencia.

Agente presurizante. - Su función es permitir que el agente extinguidor salga expulsado del recipiente, por lo general este agente es nitrógeno.

Agente extinguidor. - Su función es apagar el fuego en su etapa de ignición.

Tubo sifón. - Es un conducto por donde el agente extinguidor y presurizador salen del recipiente.

Manguera. - Es un conducto por donde el agente extinguidor sigue su evacuación, esta deberá estar sin obstrucción alguna, ni partes dañadas para evitar accidentes.

Recipiente. - Es el cuerpo del extintor donde se almacena el agente extinguidor.

1.4. Polvos químicos [6].

El polvo químico seco recibe varios nombres, no obstante, se refieren al mismo tipo de producto, tal como polvo químico (ordinarios), polvo químico seco o, simplemente, polvo BC, agentes matafuegos eficientes en la extinción de fuegos del tipo B y C. Además, existe el susodicho polvo polivalente, multipropósito o polvo ABC que se refiere a aquellos que operan sobre los tres tipos de fuego: A, B o C. Las sustancias extintoras manejadas como polvo químico son sales inorgánicas refinadamente divididas.

La mayor parte de polvos secos que se comercializan están combinados por alguna de las siguientes sales químicas:

- Bicarbonato sódico.
- Bicarbonato potásico.
- Cloruro potásico.
- Bicarbonato de urea-potasio.
- Fosfato monoamónico.
- Metales alcalinos.

A estos elementos básicos se les añade agregados para mejorar sus propiedades, los aditivos más utilizados son: estearatos metálicos, fosfato tricálcico, siliconas y otros productos que optimicen las características de fluidez.

1.4.1. Propiedades generales de los polvos [6].

En su gran mayoría los polvos son alcalinos, con particularidad del fosfato monoamónico en el cual su residuo es levemente ácido ante la gestión del fuego. Por lo tanto, se deberá evitar el contacto en aquellos equipos o muebles donde la acidez provoque daños.

Estos polvos durante su aplicación no representan toxicidad. Pero realizar la descarga en grandes magnitudes y en espacio reducidos puede provocar dificultad al respirar y poca visibilidad.

No son buenos conductores de la electricidad, por lo que resultan óptimos para usar en equipos que trabajan con corriente eléctrica.

Son invariables si se los mantiene a temperaturas que no superen los 40°C y sin la presencia de humedad para no alterar su estructura química.

1.5. Nitrógeno [8]

El nitrógeno es el agente presurizante o gas impulsor, el cual permanece a una presión constante dentro del cilindro junto con el agente extintor; es recomendable presurizar con Nitrógeno en estado gaseoso ya que se encuentra limpio de otros componentes evitando una reacción química con el polvo químico seco.

1.6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Se presenta un análisis de las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas y a su vez se realizará la elección de la mejor de ellas, basado en un punto de vista económico, mecánico, contaminante y eficiente en la recarga de extintores de PQS.

1.6.1. Recarga manual [9].

Esta consiste en extraer el polvo del extintor abriendo su válvula progresivamente para que escape el nitrógeno, una vez que se encuentra el cilindro sin presión, se procede a sacar la válvula para cambiar todos los empaques y limpiar todas sus partes, luego, hay que sacar el polvo que se encuentra en el recipiente hasta vaciarlo totalmente. En cuanto al mantenimiento, se debe revisar la fecha de fabricación del extintor, el registro

de la última prueba hidrostática y registro del último mantenimiento realizado, a su vez observar que el cilindro se encuentre sin golpes, la corrosión interna y externa, alguna deformación; para finalizar si el recipiente se encuentra en óptimas condiciones se procede a llenarlo con el nuevo agente extintor o polvo, esto se lo hace con ayuda de un embudo y una pala plástica, se lo llena sin exceder su capacidad de almacenamiento, el cual es la mitad del extintor más 50 mm, esto implica que el extintor está al 80% de la capacidad del cilindro; luego se vuelve a colocar la válvula para presurizar el recipiente completando el 20% de la capacidad del cilindro con la presión asignada para cada tipo de extintor. En la figura 14 se observa cómo se realiza la carga del extintor manualmente.

Este procedimiento deja muchas partículas de polvo en el medio ambiente contaminándolo y si no se tienen los equipos de protección personal como gafas y mascarilla, estas pueden afectar al operario.



Fig. 14 Carga de extintor manual.

1.6.2. Recarga con equipos estacionarios [9].

Son muy utilizados cuando hay una gran cantidad de extintores por recargar, la mayoría de estos equipos no son portátiles, son de uso estacionario, de gran utilidad ya que optimizan los tiempos de trabajo, el proceso es más sencillo que el de recarga

manual, la optimización del tiempo de trabajo es en el llenado del extintor con el nuevo agente, lo cual requiere menos tiempo para llenar y menos contaminación del lugar de trabajo. Ver figura 15. Estos equipos pueden ser transportados en un panel como los de una ambulancia hasta un lugar fijo donde tengan el espacio necesario para su correcto funcionamiento.



Fig. 15 Equipo estacionario de carga de un extintor. [10]

1.6.3. Recarga con equipos portátiles [9].

Los equipos de recarga portátil más utilizados en nuestro país tienen el gran problema de ser tipo manual, muy pocas empresas tienen equipos semiautomáticos de recarga pues terminan siendo costosos según su procedencia, otra desventaja en estos equipos es que su traslado se lo realiza en grandes camiones de trabajo, la ventaja de estos equipos es la poca contaminación o desperdicio del producto. En la figura 16 se observa el equipo portátil para recargar un extintor.



Fig. 16 Equipo portátil de carga de un extintor.

1.7. Análisis y selección de alternativas.

Se tomará en cuenta los siguientes factores para optar por la mejor alternativa:

- Costo.
- Tamaño.
- Seguridad de operación.
- Desperdicio del producto.
- Facilidad de montaje.

Valoración. - Se calificará en un rango del 1 al 10.

Intervalo (1-3): costo alto, voluminoso tamaño, baja seguridad de operación, excesivo desperdicio del producto, alta dificultad de montaje.

Intervalo (4-6): costo medio, tamaño moderado, mediana seguridad de operación, moderado desperdicio de producto, mediana dificultad de montaje, poco tiempo de trabajo.

Intervalo (7-10): bajo costo, tamaño compacto, alta seguridad de operación, muy bajo desperdicio de producto, fácil montaje.

1.7.1. Calificaciones de alternativas.

En la tabla 1 y la figura 17 se muestran la valoración de las tres alternativas antes expuestas para realizar la evaluación de la mejor opción del equipo.

Tabla 1 Tabulación de datos de las alternativas.

Factores	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
	RECARGA CON EQUIPO MANUAL	RECARGA CON EQUIPO PORTÁTIL	RECARGA CON EQUIPO ESTACIONARIO
Costo	7	6	4
Tamaño	8	6	4
Seguridad de operación	3	6	6
Desperdicio del producto.	3	6	6
Montaje.	7	6	4
Total	28	30	24

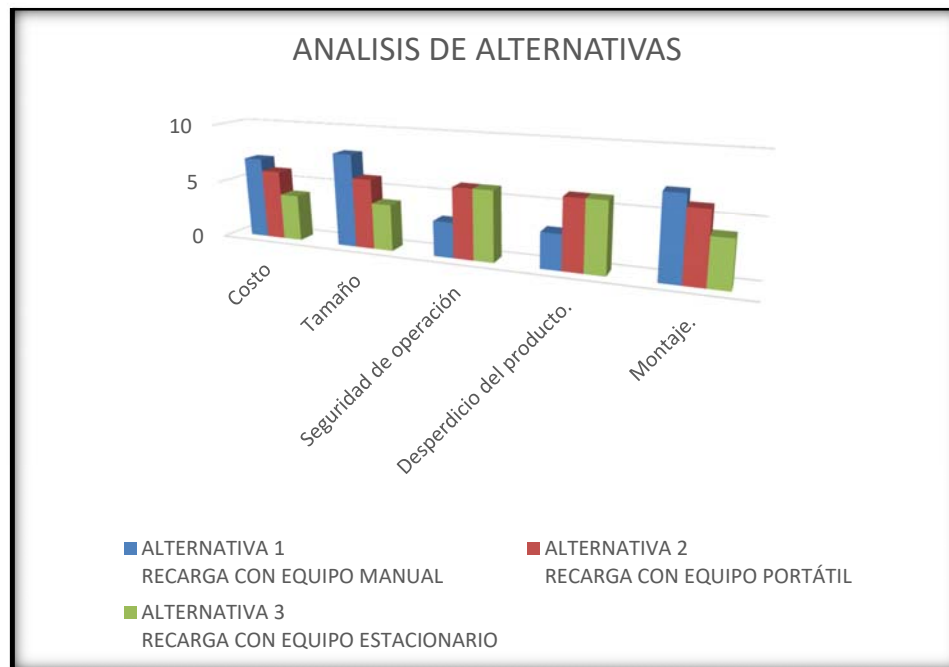


Fig. 17 Gráfico de tabulación de datos de las alternativas.

De la tabla 1 señalada anteriormente, se puede concluir que la mejor opción es la alternativa 2, por lo que se procederá al diseño y construcción.

1.8. FORMULACIÓN TEÓRICA.

1.8.1. Uniones permanentes

Cálculo de soldadura.

En el año 1940 se confirió una patente a un proceso que alimentaba electrodo de alambre en forma perpetua para realizar soldadura con arco protegido por gas. Este implicó el principio del proceso MIG (Metal Inert Gas), que hoy posee la nomenclatura AWS y CSA de soldadura con gas y arco metálico GMAW (Gas Metal Arc Welding) [11]. Ver figura 18.

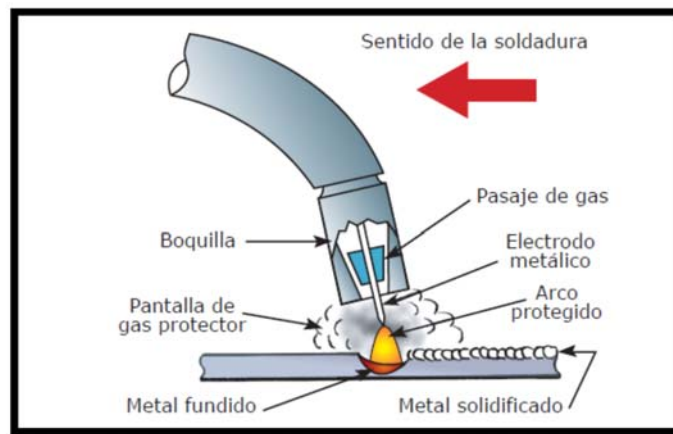


Fig. 18 Proceso de soldadura MIG [11].

En el cálculo de soldadura a tope se empleará la ecuación 1.1, para cargas a tensión.

Como se observará a continuación en la que se exhibe una soldadura en una ranura en V sometida a una carga de tensión F [12]. En el caso de cargas de tensión o de compresión, el esfuerzo normal está dado por:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde h es la garganta de la soldadura y l es la longitud de la soldadura, además hay que tomar en cuenta que el valor de h no contiene el refuerzo [12], como muestra la figura 19.

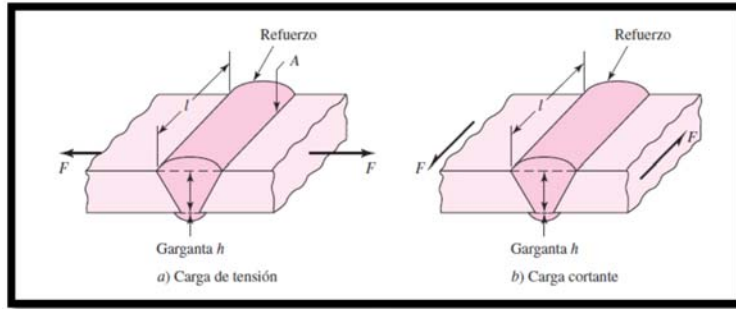


Fig. 19 Gráfico de soldaduras a tope

El esfuerzo promedio en una soldadura a tope debido a carga cortante está dado por la ecuación 1.2. [12].

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec. 1.2}$$

1.8.2. Uniones no permanentes

Cálculo de pernos [12]

Cuando se espera realizar un enlace que se pueda desensamblar sin el empleo de metodologías destructivas y que sea competentemente fuerte para resistir cargas debidas a momentos, cargas externas de tensión y cargas cortantes, o una combinación de ellas, una buena solución es la unión ensamblada simple que tenga arandelas de acero endurecido.

La rigidez del sujetador se obtendrá con la ecuación 1.3:

$$k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad \text{Ec. 1.3}$$

La rigidez del elemento se obtendrá con la ecuación 1.4:

$$k_m = \frac{0,5774\pi E d}{2 \ln \left(5 \frac{0,5774l + 0,5d}{0,5774l + 2,5d} \right)} \quad \text{Ec. 1.4}$$

1.8.3. Fuerza hidrostática sobre superficies planas [13].

Presión. - Es la suma de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de cualquier sustancia. La presión está tratada por la ecuación 1.5:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 1.5}$$

Blas Pascal, describió dos principios importantes acerca de la presión:

La primera describe que la presión actúa de un modo semejante en todas las trayectorias de un volumen pequeño de fluido.

La segunda enuncia que un fluido aprisionado por límites sólidos, la presión opera de condición perpendicular a la pared.

Densidad. - es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia. La ecuación 1.6 describe la densidad donde la letra griega ρ (rho) es la representante de la densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 1.6}$$

Peso específico. - es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia. El peso específico está dado por la ecuación 1.7

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad \text{Ec. 1.7}$$

Gravedad específica. - La gravedad específica es la cognición de la densidad de una sustancia a la densidad del agua a 4 °C. o asimismo, es la razón del peso específico de una sustancia al peso específico del agua a 4 °C.

$$Sg = \frac{\rho_s}{\rho_{H_2O}} \quad \text{Ó} \quad Sg = \frac{\gamma_s}{\gamma_{H_2O}} \quad \text{Ec. 1.8}$$

1.8.4. Cálculo de la tolva

a Capacidad de la tolva en función de sus dimensiones [14]

$$V = \frac{h}{3} * (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2}) + A1 * H \quad \text{Ec. 1.9}$$

Area = Base * Altura

Nomenclatura.

V = volumen.

H=altura de la parte rectangular.

h = altura de la parte piramidal.

A_1 y A_2 = áreas respectivas.

Θ =ángulo de caída de la tolva

b Cálculo de esfuerzos en la tolva.

$$P_v = \frac{\rho g D}{4\mu K g_c} \quad \text{Ec. 1.10}$$

Nomenclatura.

ρ = densidad del material $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$.

D = Diámetro mayor (m)

g = Gravedad (m/s^2).

μ = Coeficiente de fricción.

$g_c = 1 \text{ kg m/N s}^2$.

K = Valor de recuadro.

c Presión en la pared de la tolva [14]

$$P_w = K P_v \quad \text{Ec.1.11}$$

d Espesor de la plancha para tolvas

$$t = \frac{P_T \cdot r}{\sigma_f} \quad \text{Ec.1.12}$$

σ_f = esfuerzo admisible del acero.

r = radio.

P_T = presión total de trabajo.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO.

En este capítulo se realizará el diseño de la máquina utilizando las fórmulas descritas en el capítulo I. En el cálculo de las fuerzas internas de la tolva se empleará el método de las fuerzas hidrostáticas sobre superficies planas. La selección de los actuadores neumáticos se realizará bajo catálogos y materiales que existen en el mercado ecuatoriano.

2.1. Cálculo para el diseño de la tolva

2.1.1. Cálculo del volumen de la tolva [14].

En la figura 20 se observa las dimensiones de la tolva.

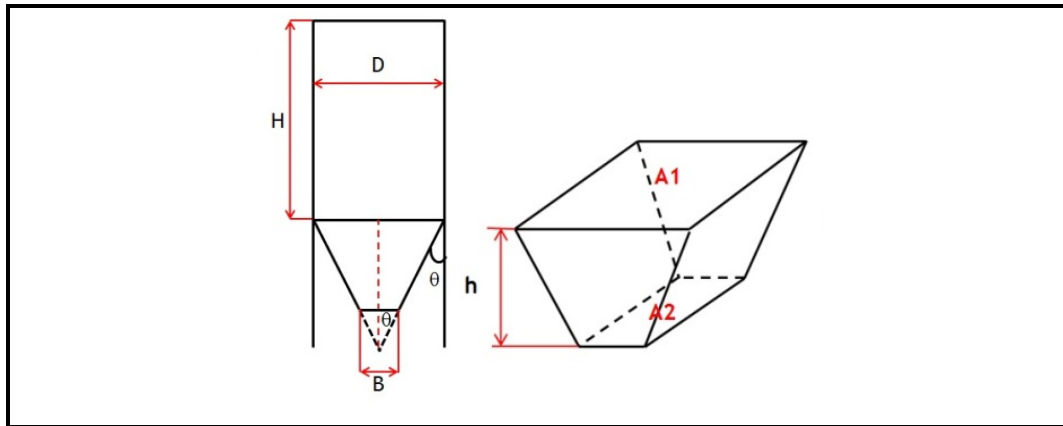


Fig. 20 Gráfico dimensional de la tolva.

Datos.

$$H=0,3 \text{ m.}$$

$$h=0,49 \text{ m.}$$

$$A1 = 0,46 \text{ m} * 0,46 \text{ m} = 0,2116 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,09 \text{ m} * 0,09 \text{ m} = 0,0081 \text{ m}^2$$

Para realizar este cálculo se utiliza la ecuación 1.9.

$$V = \frac{h}{3} * (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2}) + A1 * H$$

$$V = \frac{0,49 \text{ m}}{3} * \left(0,2116 \text{ m}^2 + 0,0081 \text{ m}^2 + \sqrt{0,2116 \text{ m}^2 + 0,0081 \text{ m}^2} \right) + 0,2116 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m}$$

$$V = 0,1124 \text{ m}^3 + 0,0635 \text{ m}^3 = 0,1759 \text{ m}^3$$

2.2.2. Cálculo de esfuerzos de la tolva.

Presión en el fondo de la tolva.

Datos.

$$\rho = 830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D = 0,518 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$K = 0,4 \text{ valor constante.}$$

Se reemplaza los datos en la ecuación 1.10.

$$P_v = \frac{\rho g D}{4 \mu K g_c}$$

$$P_v = \frac{830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,518 \text{ m}}{4 * 0,9 * 0,4 * 1 \frac{\text{kg m}}{\text{N s}^2}}$$

$$P_v = 2925,98 \text{ Pa}$$

Presión en la pared de la tolva.

$$P_w = K P_v$$

$$P_w = 0,4 * 2925,98 \text{ Pa}$$

$$P_w = 1170,39 \text{ Pa}$$

Presión de trabajo de la tolva.

$$P = 344737,85 \text{ Pa}$$

La presión P de 344737,85 Pa es la del ingreso desde el compresor hacia el interior de la tolva, es la presión inicial de trabajo.

Presión total de trabajo.

$$P_T = P_v + P_w + P$$

$$P_T = 2925,98 \text{ Pa} + 1170,39 \text{ Pa} + 344737,85 \text{ Pa}$$

$$P_T = 348834,22 \text{ Pa} = 0,349 \text{ MPa}$$

Para el cálculo del espesor de la plancha se utilizará la ecuación 1.12

$$t = \frac{P_T * r}{\sigma f}$$

$$t = \frac{0,349 \text{ MPa} * 0,13 \text{ m}}{270 \text{ MPa}}$$

$$t = 1,68 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,17 \text{ mm}$$

La tolva se diseñará con factor de seguridad de 4 para evitar accidentes y tomando en consideración que es de forma piramidal, los puntos de presión son más altos en las paredes y secciones de unión entre planchas.

$$t_{usada} = t_{calculada} * \text{Factor seguridad}$$

$$t_{usada} = 0,17 \text{ mm} * 4$$

$$t_{usada} = 0.68 \text{ mm}$$

Espesor de la plancha comercial = 0,68 mm.

Se selecciona una plancha de espesor de 3 mm para evitar deformaciones en el momento de soportar la presión interna que es necesaria para el empuje del producto y un tiempo de vida útil más prolongado.

2.2.3. Cálculo de la masa de la tolva.

$$\text{masa} = \text{largo}(\text{m}^2) \times \text{ancho}(\text{m}^2) \times \text{espesor}(\text{m}) \times \rho \text{ del material.}$$

$$\rho_{\text{acero}} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Plancha rectangular de (300 mm x 470 mm x 3 mm).

$$m_1 = 0,3 \text{ m} \times 0,47 \text{ m} \times 0,003 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_1 = 3,32 \text{ kg}$$

Son cuatro planchas de la misma medida $m_1 = 13,28\text{kg}$

Para el cálculo de la plancha trapezoide se utilizará la figura 21 como se muestra a continuación.

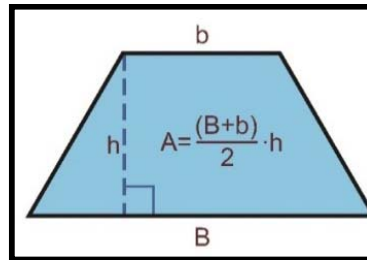


Fig. 21 Gráfico del cálculo del área de un trapezoide.

$$\text{Área} = \frac{(B + b)}{2} h$$

$$\text{Área} = \frac{(0,47 \text{ m} + 0,09 \text{ m})}{2} \times 0,49 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 0,1372 \text{ m}^2$$

$$m_2 = 0,1372 \text{ m}^2 \times 0,003 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_2 = 3,231 \text{ kg}$$

Son 4 planchas trapezoidales con la misma medida.

$$m_2 = 12,92 \text{ kg}$$

Plancha cuadrada de (140 mm x 140 mm x 3 mm)

$$m_3 = 0,14 \text{ m} \times 0,14 \text{ m} \times 0,003 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_3 = 0,46\text{kg}$$

Platina de 25,4 mm x 2040 mm x 6 mm

$$m_4 = 0,0254 \text{ m} \times 2,04 \text{ m} \times 0,006 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_4 = 2,44 \text{ kg}$$

Platina de 25,4 mm x 460 mm x 6 mm

$$m_5 = 0,0254 \text{ m} \times 0,46 \text{ m} \times 0,006 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_5 = 0,55 \text{ kg}$$

Plancha cuadrada de (530mm x 530 mm x 6 mm)

$$m_6 = 0,53 \text{ m} \times 0,53 \text{ m} \times 0,006 \text{ m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_6 = 13,23 \text{ kg}$$

$$m_{\text{accesorios}} = 4 \text{ kg}$$

$$m_{\text{producto}} = 45 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_{\text{accesorios}} + m_{\text{producto}}$$

$$m_{\text{total}} = 13,28\text{kg} + 12,92\text{kg} + 0,461\text{kg} + 2,44\text{kg} + 0,55\text{kg} + 13,23\text{kg} + 4\text{kg} \\ + 45\text{kg}$$

$$m_{\text{total}} = 91,881 \text{ kg}$$

2.2.4. Cálculo de la masa de la mesa.

Para el cálculo de la masa de la mesa se emplea el catálogo de productos de acero DIPAC, como se observa en la figura 22 en el cual nos indica que el peso del tubo cuadrado es de $3,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$.



Fig. 22 Gráfico de tubo cuadrado 40 x 3mm [15]

Datos.

$L_1 = 1 \text{ m}$ cantidad 4.

$L_2 = 0,555 \text{ m}$ cantidad 2.

$L_3 = 0,475 \text{ m}$ cantidad 5.

$$m_{\text{tubo cuadrado}} = 3,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cálculo de la masa de las patas de la mesa.

$$m_1 = l_1 \times m_{\text{tubo cuadrado}} \times \text{cant.} \rightarrow m_1 = 1 \text{ m} \times 3,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 4$$

$$m_1 = 14,16 \text{ kg}$$

Cálculo de la masa del marco de la mesa.

$$m_2 = l_2 \times m_{\text{tubo cuadrado}} \times \text{cant.} \rightarrow m_2 = 0,555 \text{ m} \times 3,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2$$

$$m_2 = 3,93 \text{ kg}$$

$$m_3 = l_3 \times m_{\text{tubo cuadrado}} \times \text{cant.} \rightarrow m_3 = 0,475 \text{ m} \times 3,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 5$$

$$m_3 = 8,41 \text{ kg}$$

Cálculo de la masa total de la mesa.

Para el cálculo de la masa total de la mesa se suman todas las masas.

$$m_{\text{total}} = m_1 + m_2 + m_3 \quad \rightarrow \quad m_{\text{total}} = 14,16 \text{ kg} + 3,93 \text{ kg} + 8,41 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total}} = 26,5 \text{ kg}$$

2.3. Cálculo de presión

En esta sección se ejecuta los cálculos basándose en la teoría de mecánica de fluidos para la realización del diseño de las presiones que existen en el interior de la tolva.

Datos:

$$\rho_{\text{PQS}} = 830 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 9800 \text{ N/m}^3$$

$$p_{\text{manométrica}} = 50 \text{ psi}$$

2.3.1. Cálculo de la gravedad específica del PQS

$$\mathcal{S}_{\text{PQS}} = \frac{\rho_{\text{PQS}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \rightarrow \mathcal{S}_{\text{PQS}} = \frac{830 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\mathcal{S}_{\text{PQS}} = 0,8$$

Cálculo del peso específico del PQS

$$\gamma_{\text{PQS}} = \mathcal{S}_{\text{PQS}} \times \gamma_{\text{H}_2\text{O}} \quad \rightarrow \quad \gamma_{\text{PQS}} = 0,8 \times 9800 \text{ N/m}^3$$

$$\gamma_{\text{PQS}} = 7840 \text{ N/m}^3$$

2.3.2. Cálculo de la presión manométrica

$$p_{\text{man}} = 50 \text{ psi} \left| \frac{6894,757 \text{ Pa}}{1 \text{ psi}} \right|$$

$$p_{\text{man}} = 344737,85 \text{ Pa}$$

Cálculo de la P1

$$P_1 = p_{\text{man}} = 344737,85 \text{ Pa}$$

Cálculo de la P2

$$P_2 = (\gamma_{\text{PQS}} \times h_1) + P_1 \rightarrow P_2 = (7840 \text{ N/m}^3 \times 0,690 \text{ m}) + 344737,85 \text{ Pa}$$

$$\mathbf{P_2 = 350147,45 \text{ Pa}}$$

2.3.3. Cálculo de la fuerza en el fondo de la tolva

$$A_2 = l^2 \rightarrow A_2 = (0,09 \text{ m})^2$$

$$\mathbf{A_2 = 0,0081 \text{ m}^2}$$

$$F_{\text{FONDO}} = P_2 \times A_2 \rightarrow F_{\text{FONDO}} = 350147,45 \text{ Pa} \times 0,0081 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{F_{FONDO} = 2836,194 \text{ N} = 0,6376 \text{ kip}}$$

Cálculo de la P3

$$P_3 = (\gamma_{\text{PQS}} \times h_3) + P_1 \rightarrow P_3 = (7840 \text{ N/m}^3 \times 0,1 \text{ m}) + 344737,85 \text{ Pa}$$

$$\mathbf{P_3 = 345521,85 \text{ Pa}}$$

2.3.4. Cálculo de la fuerza de la pared

$$A_3 = b \times h \rightarrow A_3 = 0,2 \text{ m} \times 0,465 \text{ m}$$

$$A_3 = 0,093 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{PARED}} = P_3 \times A_3 \rightarrow F_{\text{PARED}} = 345521,85 \text{ Pa} \times 0,093 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{F_{PARED} = 32133,532 \text{ N} = 7,22391 \text{ kip}}$$

2.4. Cálculo de la soldadura a tensión

a En el fondo de la tolva

$$\sigma = \frac{F}{hl} \rightarrow \sigma = \frac{2836,194 \text{ N}}{0,006 \text{ m} \times 0,135 \text{ m}}$$

$$\sigma = 3501,474 \text{ kPa}$$

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad \rightarrow \quad \sigma = \frac{2836,194 \text{ N}}{0,006\text{m} \times 0,145\text{m}}$$

$$\sigma = 3259,989 \text{ kPa}$$

b En el costado de la tolva

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad \rightarrow \quad \sigma = \frac{32133,532 \text{ N}}{0,003\text{m} \times 0,3\text{m}}$$

$$\sigma = 35703,924 \text{ kPa} = 35,7 \text{ MPa}$$

Como se puede observar en los cálculos, el esfuerzo que realiza la soldadura es menor al esfuerzo admisible, por tanto se puede indicar que el diseño es correcto ya que el esfuerzo calculado es de 35,7 MPa y el esfuerzo admisible del acero AISI 1008 es de 270 MPa.

$$\sigma \leq \sigma_{\text{adm}} \quad \rightarrow \quad 35,7 \text{ MPa} \leq [270 \text{ MPa}]$$

El factor de seguridad resultante se calculara de la siguiente manera.

$$n = \frac{\sigma_{\text{adm}}}{\sigma} > 1 \quad \rightarrow \quad n = \frac{270 \text{ MPa}}{35,7 \text{ MPa}} > 1$$

$$n = 7,56 \cong 8 \quad \rightarrow \quad n = 8$$

Se puede observar que el factor de seguridad (n) resultante es mayor que 1, por lo que se cumple la ecuación.

2.5. Cálculo de pernos

Datos

Longitud de agarre = 9 mm = 0,354 plg.

Espesor de la tuerca = 7/32 plg, = 0,21875 plg. Tabla A-31 [7]

At = 0,0318 plg² Tabla 8-2 [7]

Tamaño del perno L= 1"

Perno de ¼ x 1 - 20 hilos por plg

Cálculo de la longitud del perno

$$L = 0,354" + \frac{7}{32} + \frac{2}{20}$$

$$L = 0,67275$$

Cálculo de la longitud de la rosca

$$L_T = 2d + \frac{1}{4} \quad L \leq 6"$$

$$L_T = 2(0,25) + \frac{1}{4}$$

$$L_T = 0,75" = \frac{3}{4}$$

Cálculo de la longitud no roscada

$$l_d = L - L_T \quad \rightarrow \quad l_d = 1" - 0,75"$$

$$l_d = 0,25"$$

Cálculo de la longitud roscada

$$l_t = l - l_d \quad \rightarrow \quad l_t = 0,354" - 0,25"$$

$$l_t = 0,104 \text{ plg}$$

Cálculo de la rigidez del sujetador.

$$A_d = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad A_d = \frac{\pi \times 0,25^2}{4}$$

$$A_d = 0,049 \text{ plg}^2$$

$$k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad \rightarrow \quad k_b = \frac{0,049 \text{ plg}^2 \times 0,0318 \text{ plg}^2 \times 30 \text{ Mpsi}}{(0,049 \text{ plg}^2 \times 0,104 \text{ plg}) + (0,0318 \text{ plg}^2 \times 0,25 \text{ plg})}$$

$$k_b = 3,583 \frac{\text{Mlbf}}{\text{plg}}$$

Cálculo de la rigidez del elemento.

$$k_m = \frac{0,5774\pi Ed}{2\ln\left(5^{\frac{0,5774l+0,5d}{0,5774l+2,5d}}\right)} \rightarrow k_m = \frac{0,5774 \times \pi \times 30 \text{ Mpsi} \times 0,25 \text{ plg}}{2\ln\left(5^{\frac{(0,5774 \times 0,354 \text{ plg}) + (0,5 \times 0,25 \text{ plg})}{(0,5774 \times 0,354 \text{ plg}) + (2,5 \times 0,25 \text{ plg})}}\right)}$$

$$k_m = 9,9158 \frac{\text{Mlbf}}{\text{plg}}$$

Cálculo de la constante de rigidez.

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \rightarrow C = \frac{3,583 \frac{\text{Mlbf}}{\text{plg}}}{3,583 \frac{\text{Mlbf}}{\text{plg}} + 9,9158 \frac{\text{Mlbf}}{\text{plg}}}$$

$$C = 0,265$$

Cálculo de la precarga o carga de apriete.

$$S_p = 85 \text{ kpsi} \quad \text{Tabla 8-9 [7]}$$

$$F_i = 0,75 \times A_t \times S_p \rightarrow F_i = 0,75 \times 0,0318 \text{ plg}^2 \times 85 \text{ kpsi}$$

$$F_i = 2,027 \text{ kip}$$

Cálculo de N pernos.

$$N = \frac{C \times n \times P}{S_p \times A_t - F_i} \rightarrow N = \frac{0,265 \times 2 \times 7,2239 \text{ kip}}{(85 \text{ kpsi} \times 0,0318 \text{ plg}^2) - 2,027 \text{ kip}}$$

$$N = 5,66$$

Se utilizarán 8 pernos para mayor sujeción, además se cambiará de tipo de material a pernos de acero inoxidable para mayor resistencia a la corrosión.

Factor de seguridad.

$$n = \frac{S_p \times A_t - F_i}{C \times \left(\frac{P}{N}\right)} \quad n = \frac{(85 \text{ kpsi} \times 0,0318 \text{ plg}^2) - 2,027 \text{ kip}}{0,265 \times \left(\frac{7,2239 \text{ kip}}{8}\right)}$$

$$n = 2,825$$

Como $n=2,82$ y en el literal 2.4.9 se escoge una $n=2$ se evidencia que la n calculada con 8 pernos es mayor. Por lo que se elige esta cantidad y la precarga seleccionada.

Los mismos que se utilizan para que haya mejor hermeticidad en la tolva por la forma de la placa.

2.6. Selección de elementos neumáticos.

2.6.1. Selección de la válvula solenoide [16].

Para la selección se tomará en cuenta la presión de trabajo y la marca que se puede encontrar fácilmente en el mercado ecuatoriano. En la tabla 2 se observa la presión de trabajo de la válvula.

Tabla 2 Especificaciones técnicas de la válvula solenoide.

Item	Model	SV-5101	SV-5231	SV-6101(2)	SV-6231	SV-8102(3)	SV-8232	SV-9104
		SV-5201		SV-6201(2)	SV-6232	SV-8202(3)	SV-8233	SV-9204
Fluid		Air						
Pressure range	Kgf/cm²(Kpa)	1.5 ~ 7 (150 ~ 700)						
Operating ambient temperature range	°C	0 ~ 60						
Operating method		Air pilot						
Number of positions ports	mm²(CV)	5 ports 2 positions	5 ports 3 positions	5 ports 2 positions	5 ports 3 positions	5 ports 2 positions	5 ports 3 positions	5 ports 2 positions 5 ports 3 positions
Valve function		Normal closed						
Orifice		12(0.67)		14(0.78)		25(1.4)		50(2.78)
Manual button		Push and lock (SV-500 Push type only)						
Connection port		Rc 1/8		Rc 1/8 , 1/4		Rc 1/4 , 3/8		Rc 1/2
Lubrication		Lubrication free type						

2.6.2. Selección de la unidad de mantenimiento [16].

Para selección de la unidad de mantenimiento se toma en cuenta la presión de trabajo y su durabilidad, además que sea de fácil de encontrar en el mercado. En la tabla 3 se presenta las especificaciones técnicas de la unidad de mantenimiento.

Tabla 3 Especificaciones técnicas de la unidad de mantenimiento.

Item	Model	NFR-100	NFR-200	NFR-300	NFR-400	NFR-450	NFR-500
Fluid		Air					
Port size	Rc	M5, 1/8"	1/8", 1/4"	1/4, 3/8"	1/4", 3/8", 1/2"	1/2 , 3/4"	3/4", 1"
Filter grade		5 µm					
Pressure range	kgf/cm ² (kpa)	0.5~8.5(50~850)					
Max. service pressure	kgf/cm ² (kpa)	9.5(950)					
Temperature	°C	5~60					
Lubricator capacity	cc	15	60	60	60	100	100
Weight	kg	0.18	0.21	0.34	0.45	0.95	1.15
Material	Main body	Aluminum die cast					
	Bowl	Polycarbonate/Aluminum bowl					

2.7. Selección de las garruchas.

En la selección de las garruchas se toma en consideración el peso total de la máquina, la durabilidad y la fácil accesibilidad de encontrar en el mercado. En la figura 23 se observa las especificaciones técnicas de la garrucha.



Fig. 23 Especificaciones técnicas de las garruchas.

En los numerales 2.1.5 y 2.2.3 se encuentran calculados las masas de la tolva y de la mesa respectivamente, los valores calculados son los siguientes:

$$m_{\text{total tolva}} = 91,881 \text{ kg}$$

$$m_{\text{total mesa}} = 26,5 \text{ kg}$$

La masa total de la tolva y la mesa es de:

$$m_{\text{total}} = 118,38 \text{ kg}$$

Para calcular la masa que soportará cada garrucha, se procederá a dividir la masa total de la tolva y la mesa para el número de garruchas colocadas.

$$m_{\text{garrucha}} = \frac{m_{\text{total}}}{n_{\text{garruchas}}}$$

$$m_{\text{garrucha}} = \frac{119.96 \text{ kg}}{4}$$

$$m_{\text{garrucha}} = 29.99 \text{ kg}$$

En consecuencia, al valor calculado se selecciona la garrucha que soporta una masa de 75 kg, como se observa en la Fig.23. Comercialmente se encuentra garruchas con capacidad de carga de entre 30 – 115 kg.

2.8. Selección de la manguera

Al seleccionar el tipo de manguera que se necesita se toma en consideración lo siguiente: facilidad de encontrar en el mercado, durabilidad, aplicación, características, temperatura de trabajo y presión máxima que soporta.

El detalle técnico de la manguera seleccionada es:

Aplicaciones.

- Diversas en la industria, principalmente aire comprimido y agua.
- Transporte de gasolina, industria alimenticia y química.

Características.

- Tubo flexible en PVC reforzado con malla de poliéster.
- Resistente a hidrocarburos y agentes atmosféricos.
- Atóxica.
- Temperatura de utilización desde -10°C hasta +60°C.
- Presión de trabajo 200 psi.
- Diámetro interno 19mm diámetro externo 25mm.
- Color transparente.

2.9. Simulación.

En esta sección se va realizar la simulación de los diferentes sistemas que se utilizaron en el diseño de máquina.

Diagrama neumático.

El equipo neumático consta de una unidad de mantenimiento, un pistón de doble efecto, un electro válvula 5/n, las válvulas estranguladoras están abiertas al 35 % en la simulación para poder observar de una mejor manera el trabajo realizado, esta simulación se realizó en el programa festo Fluid SIM, como se puede observar en la figura 24.

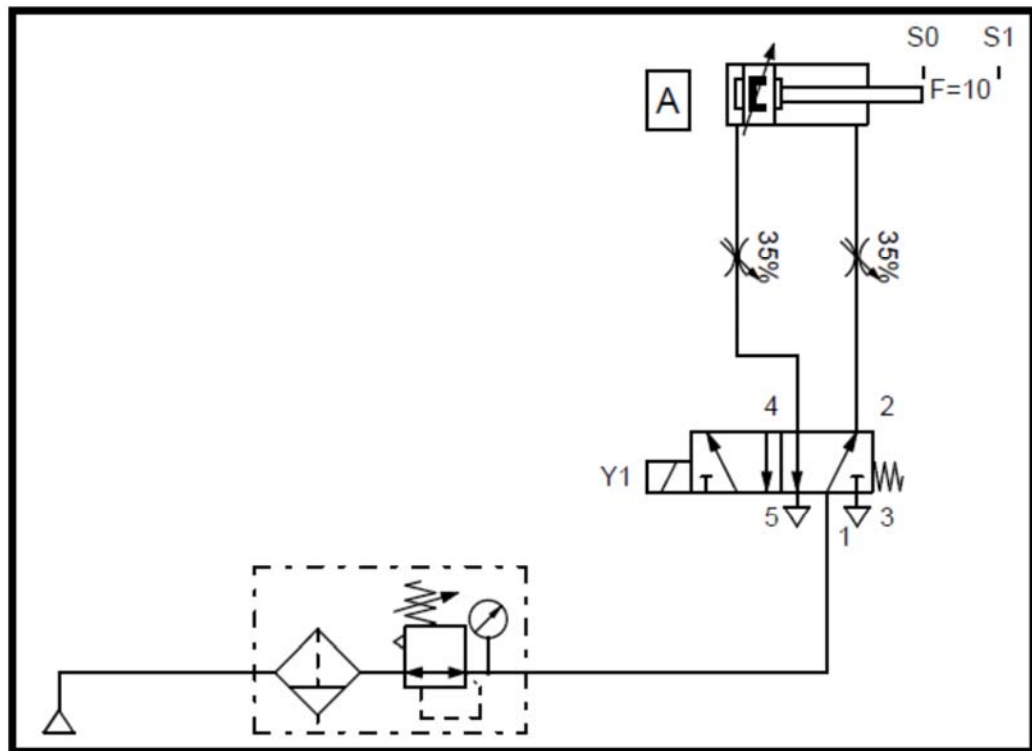


Fig. 24 Diagrama de funcionamiento neumático. [Festo Fluid SIM]

En la figura 25 se observa el diagrama de funcionamiento de fase del cilindro de doble efecto y la válvula 5/n.

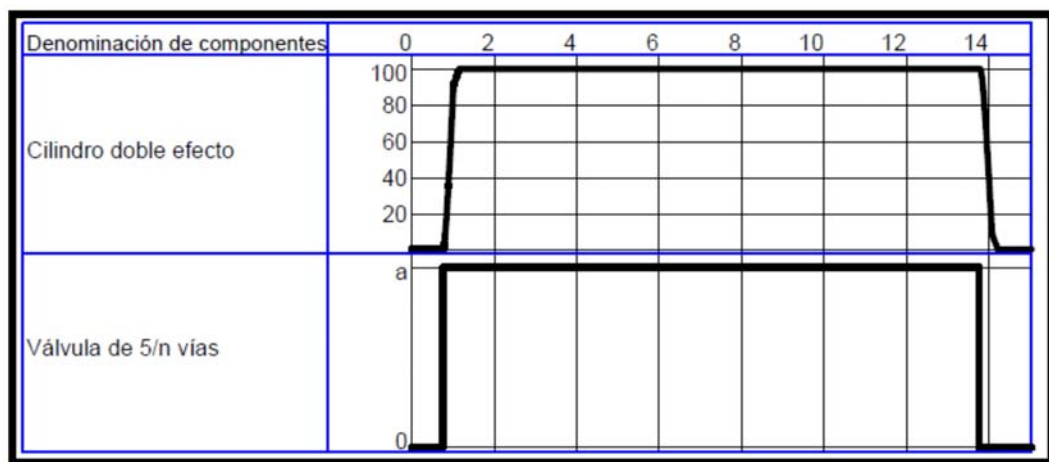


Fig. 25 Diagrama de los diferentes componentes. [Festo Fluid SIM]

Diagrama eléctrico

El funcionamiento del tablero de control de la máquina está compuesto por un circuito eléctrico que trabaja tanto en modo manual como automático como se observa en la figura 26, el cual consta de un paro de emergencia PE el cual apaga todo el sistema en caso del mal funcionamiento de la máquina, el selector S de 3 posiciones permite seleccionar la opción que se desee ejecutar, las cuales son: manual, apagado (off) o automático.

El mando manual actúa con un selector de 2 posiciones el cual nos permite seleccionar la opción de encendido (on) y de apagado (off). El mando automático trabaja con un pulsador que activa un temporizador (timer) y se desactiva automáticamente.

Todo el control eléctrico sirve para activar un equipo neumático que se encarga de abrir y cerrar la válvula de bola en un $\frac{1}{4}$ de vuelta de la esfera.

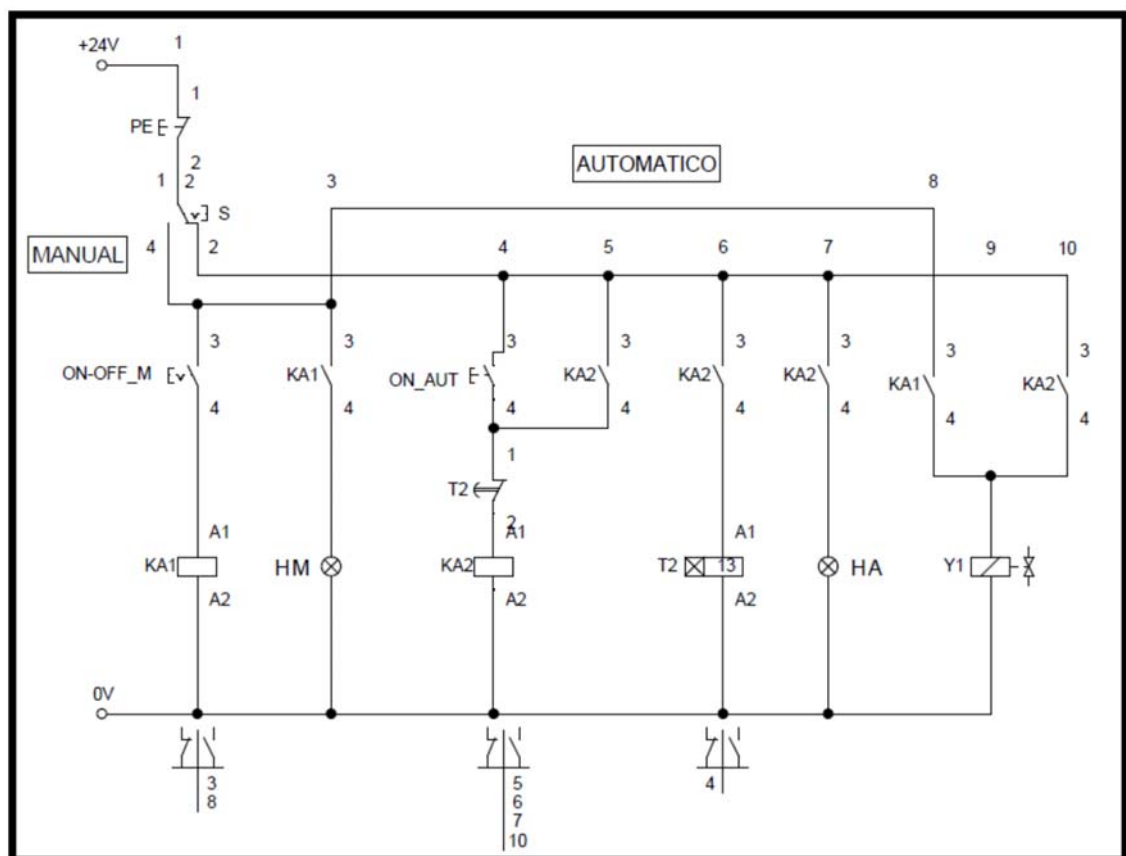


Fig. 26 Diagrama de eléctrico del control de mando. [Festo Fluid SIM]

Nomenclatura.

PE: Paro de emergencia.

ON AUT: Mando Automático.

S: Selector.

KA2: Contacto conmutado con la bobina de la parte automática.

ON-OFF M: Encendido y apagado del mando manual.

T2: Temporizador conmutado con conexión y contacto.

KA1: Contacto conmutado con la bobina de la parte manual.

H: Piloto señalización mando automático.

HM: Piloto señalización mando manual.

Y1: Solenoide de la válvula 5/n.

2.10. Verificación del flujo másico.

Para realizar el cálculo se obtuvieron datos de tiempo versus volumen constante, otro dato a tomar en consideración es la válvula que está abierta en un 50%.

En la tabla 4 se podrá observar el valor promedio del caudal que se encontró en base a datos tomados aleatoriamente durante el funcionamiento de la máquina.

Tabla 4 Datos de Volumen – tiempo - caudal

Volumen(m ³)	Tiempo (s)	caudal Q (m ³ /s)
0,0064	34,00	0,000185
0,0064	35,00	0,000183
0,0064	34,00	0,000184
0,0064	34,00	0,000186
0,0064	35,00	0,000183
Promedio	34,40	0,000185

Datos:

$$\pi = 3.1416.$$

$$\text{Radio (r)} = 0.08 \text{ m.}$$

$$\text{Altura (h)} = 0.32 \text{ m.}$$

$$\rho_{PQS} = 830 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0,000185 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\text{Volumen} = \pi r^2 * h \quad \text{Ec. 3.1}$$

Flujo másico.

$$G = Q * \rho = 0,000185 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G = 0,153 \text{ kg/s}$$

Con este cálculo se determina el tiempo necesario para llenar los cilindros con el producto. En la tabla 5 se observan los tiempos aproximados de llenado según la capacidad del cilindro.

Tabla 5 Datos de capacidad de llenado vs tiempo de llenado.

Capacidad del cilindro (kg)	Tiempo (s)
2	13
4	26
8	53

2.11. Tensiones de von mises en la manguera

En la figura 27 se puede ver que la tensión de Von Mises está dentro de los rangos admisibles, por lo que no habrá una deformación permanente en la manguera.

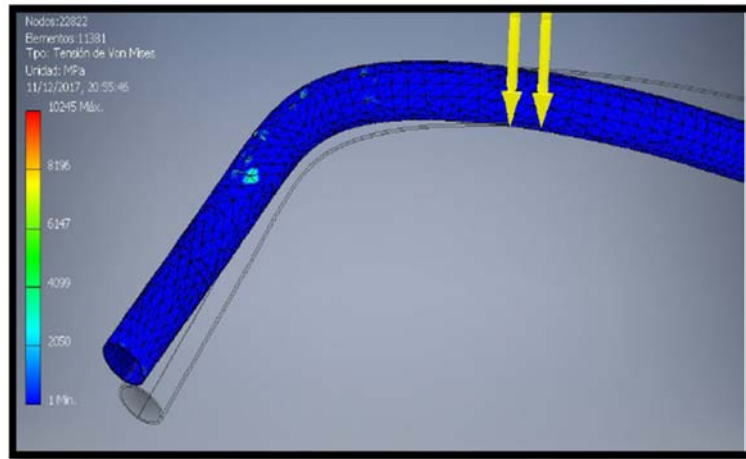


Fig. 27 Tensión de Von Mises en la manguera.

2.12. Tensiones de von mises en el cuerpo de la tolva

Como se observa en la figura 28 la tensión de Von Mises está dentro de los parámetros admisibles, en consecuencia, no habrá una deformación permanente en el cuerpo de la tolva. Se debe tener precaución al momento de soldar el cuerpo de la tolva porque existen puntos de concentración de carga al momento de soldar.

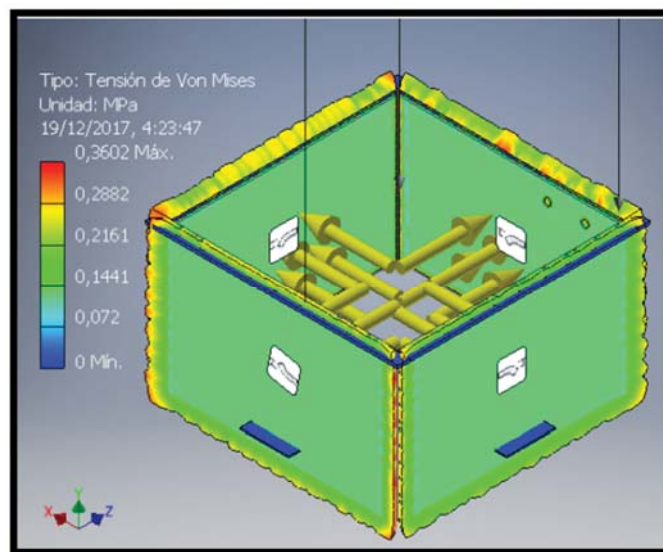


Fig. 28 Tensión de Von Mises en el cuerpo de la tolva.

2.13. Tensiones de von mises en la salida del PQS.

En la figura 29 se puede observar que la tensión de Von Mises está dentro de los rangos admisibles por lo que no llega a sus valores máximos, por lo que no habrá deformación permanente en la salida del PQS.

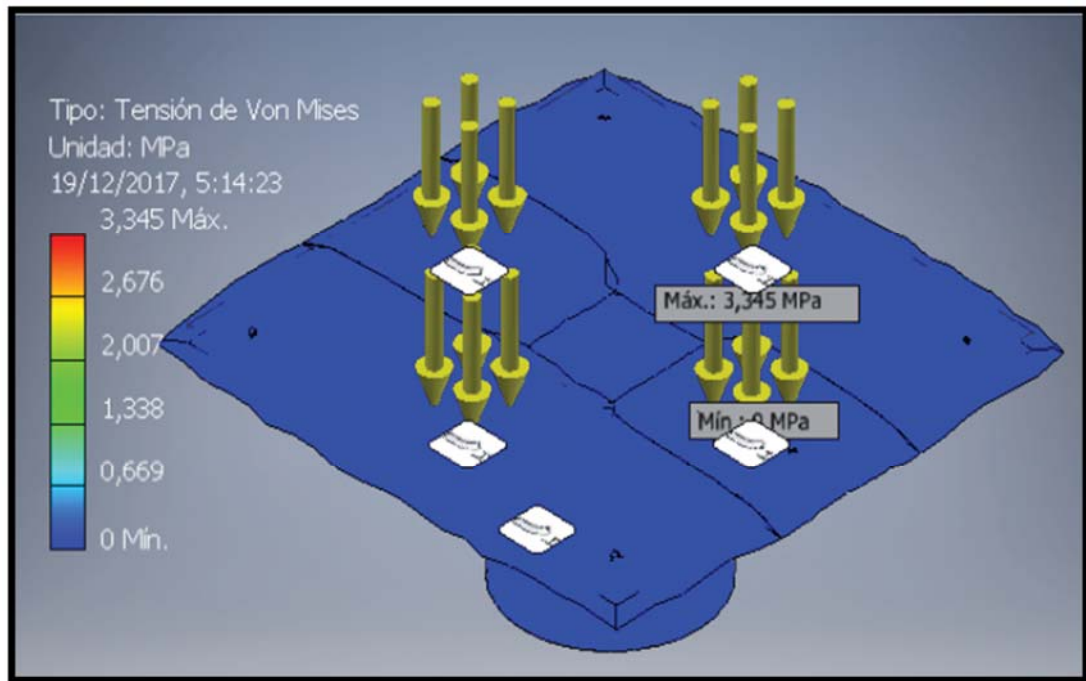


Fig. 29 Tensión de Von Mises en la salida.

CAPÍTULO III

3. Análisis de costos.

A continuación se presentarán los costos que se manejaron en el proyecto.

3.1. Costos directos.

a Costos de los materiales.

El valor de los costos de los materiales se observa en la tabla 6 en el cual indica el valor determinado para cada ítem.

Tabla 6 Costos de materiales.

Nombre de la parte	Características	Dimensiones	peso (kg)	Cant.	Costo Unit. (USD)	Costo total (USD)
Tolva	Acero SAE 1008	465x465x800x 3	29,6	1	180,00	180,00
Tapa de la tolva	Acero SAE 1008	530 x 530 x 6	16,2	1	95,00	95,00
Tapa modelo carburex	Acero SAE 1008	Ø150 x 3 ajuste roscado	2,7	1	30,00	30,00
Mesa	Tubo cuadrado ASTM-500	40 x 3	34,1	1	90,00	90,00
Garruchas	Rueda en polivinil	3"	n/e	4	10,00	40,00
Acople rápido	Bronce	1/4".	n/e	1	2,50	2,50
Manómetro	Normal		n/e	1	10,00	10,00
Unión	Duralón negro	2"	n/e	1	2,00	2,00
Manguera	PVC flexible reforzado con malla de poliéster	1" x 2000	n/e	1	5,40	5,40
Válvula de esfera	Bronce cromado	1"	n/e	1	12,00	12,00
Válvula de esfera	Bronce cromado	¾ "	n/e	1	8,00	8,00
Acople	Duralón negro	Fabricado	n/e	1	2,00	2,00
Acople	Bronce	Fabricado	n/e	1	2,00	2,00

Caucho	Neolite negro	465 x 465 x 5	n/e	1	30,00	30,00
Caucho	Neolite negro	140 x 140 x 5	n/e	1	7,00	7,00
Manguera	Poliuretano	1/4" x 2000	n/e	1	2,00	2,00
Equipos para automatización	Electrónicos, hidráulicos.		2,6	1	400,00	400,00
Balanza electrónica		5gr - 30 kg	5	1	200,00	200,00
					Total	1117,90

b Costos de diseño e ingeniería.

En la tabla 7 se encuentra tabulado el costo de diseño e ingeniería.

Tabla 7 Costos de diseño e ingeniería.

Ítem	Nombre	tiempo H-H	Valor(USD) H-H	Subtotal (USD)
1	Autores	90	4,00	360,00
2	Asesoría externa	1	5,00	5,00
3	Asesoría especial	1	20,00	20,00
Total				385,00

c Costos por mano de obra.

Los costos por mano de obra constan de varios detalles entre estos se tiene el: maquinado de las partes, montaje, pruebas y ensayos de la máquina como se observa en tabla 8.

Tabla 8 Costos de mano de obra

Ítem	Nombre	Tiempo H-H	Valor(USD) H-H	Subtotal (USD)
1	Servicio de torno	5	11,00	55,00
2	Servicio de soldadura	5	10,00	50,00
3	Servicio de corte por CNC	1	13,00	13,00
4	Servicio de taladro	1	10,00	10,00
5	Servicio de pintura	5	10,00	50,00
			Total	178,00

3.2. Costos indirectos.

En la tabla 9 se observa los costos indirectos de máquina.

Tabla 9 Costos indirectos.

Ítem	Descripción	Subtotal (USD)
1	Tecnología	90,00
2	Material de oficina	60,00
3	Servicios básicos	42,00
4	Gastos administrativos	50,00
5	Transporte	60,00
6	Otros	45,00
Total		347,00

3.3. Costo total de la máquina.

Con los valores obtenidos anteriormente se realiza la tabla 10, en la cual se detalla el total de cada uno de los valores obtenidos en las tablas anteriores para poder calcular el costo del proyecto.

Tabla 10 Costo total de la máquina

Ítem	Costos	Subtotal (USD)
1	Directos	1680,90
2	Indirectos	347,00
	Subtotal	2027,90
	Imprevistos 3,5 %	70,98
	Costo total	2098,88

3.4. Retorno de la inversión.

Para el retorno de la inversión se utiliza el método del TIR y el VAN, con los siguientes datos:

Numero de períodos: 12 meses

Tipo de período: mensual

Tasa de descuento (i): 14%

3.4.1. Fondo Neto Efectivo (FNE)

Los valores del Fondo Neto Efectivo (FNE) se dividirán en períodos mensuales como se observa en la tabla 11. Estas cantidades corresponden a un valor de facturación mensual de un año fiscal.

En el año fiscal se tiene un valor total de (USD) 10469.09, del cual se resta el impuesto del valor agregado (I.V.A. 12%), obteniendo como resultado (USD) 9374,40 libre de impuestos. Del valor libre de impuestos que se tiene se descuenta el porcentaje para adquisición de material, repuestos entre otros elementos necesarios, como representación de estos gastos se toma un porcentaje del 35% del valor libre de

impuestos y se obtiene una cantidad de (USD) 6924,00 esta cantidad es el FNE del año fiscal, el cual se divide por 12 meses que es nuestro periodo referencial dando un valor de (USD) 506,32, entonces se realizó una comparación con facturas de años fiscales da periodos pasados y poder proyectar los valores del FNE como se observa en la tabla 11.

Tabla 11 Fondo Neto Efectivo (FNE)

Nº mes	FNE (USD)
0	-2098,88
1	537,00
2	542,00
3	555,00
4	567,00
5	570,00
6	573,00
7	576,00
8	583,00
9	598,00
10	601,00
11	608,00
12	614,00

3.4.2. VAN (Valor Actual Neto)

En la tabla 12 se realiza el cálculo del VAN.

Tabla 12 Cálculo del VAN

	N° mes	FNE (USD)	(1+i) ⁿ	FNE/(1+i) ⁿ (USD)
	0	-2098,88		-2098,88
	1	537,00	1,14	471,05
	2	542,00	1,30	417,05
	3	555,00	1,48	374,61
	4	567,00	1,69	335,71
Periodos mensuales	5	570,00	1,93	296,04
	6	573,00	2,19	261,05
	7	576,00	2,50	230,19
	8	583,00	2,85	204,38
	9	598,00	3,25	183,89
	10	601,00	3,71	162,12
	11	608,00	4,23	143,86
	12	614,00	4,82	127,44
Total				1108,51

3.4.3. TIR (Tasa Interna de Rendimiento)

Se puede observar en la tabla 13 el cálculo del TIR

Tabla 13 Cálculo del TIR.

Tasa de descuento (%)	VAN (USD)
0%	4.825,12
7%	2.440,50
14%	1.108,51
21%	307,72
28%	-205,55
35%	-553,13
42%	-799,78
49%	-981,87
56%	-1.120,82
63%	-1.229,87
70%	-1.317,47
77%	-1.389,27
84%	-1.449,11

Con los datos obtenidos anteriormente se realiza una gráfica que está representada en la figura 30 para observar el comportamiento del TIR en cada porcentaje.

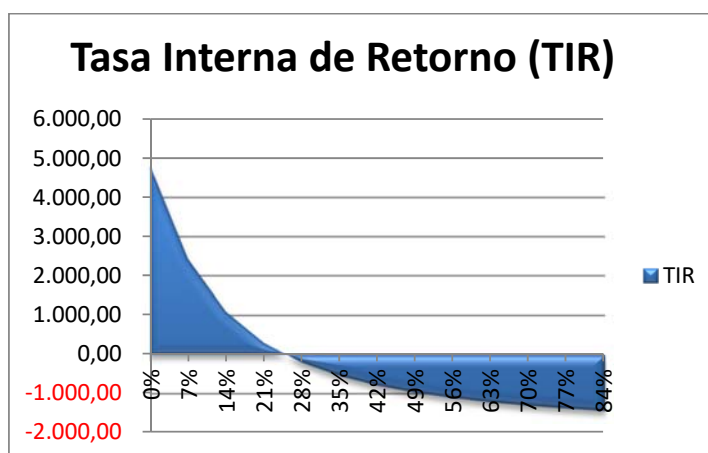


Fig. 30 Gráfico del TIR en porcentaje.

$$\text{TIR} = 24,84\%$$

3.5. PAY-BACK ACTUALIZADO.

Este método muestra en que tiempo se recupera la inversión como se observa en la tabla 12.

Tabla 14 Tiempo de recuperación de la inversión

Nº mes	FNE/(1+i) ⁿ (USD)	período de recuperación descontado (USD)
0	-2098,88	-2098,88
1	471,05	-1627,83
2	417,05	-1210,78
3	374,61	-836,17
4	335,71	-500,46
5	296,04	-204,42
6	261,05	56,63
7	230,19	286,83
8	204,38	491,20
9	183,89	675,09
10	162,12	837,21
11	143,86	981,07
12	127,44	1108,51

En la figura 31 se observa la curva de recuperación de inversión.

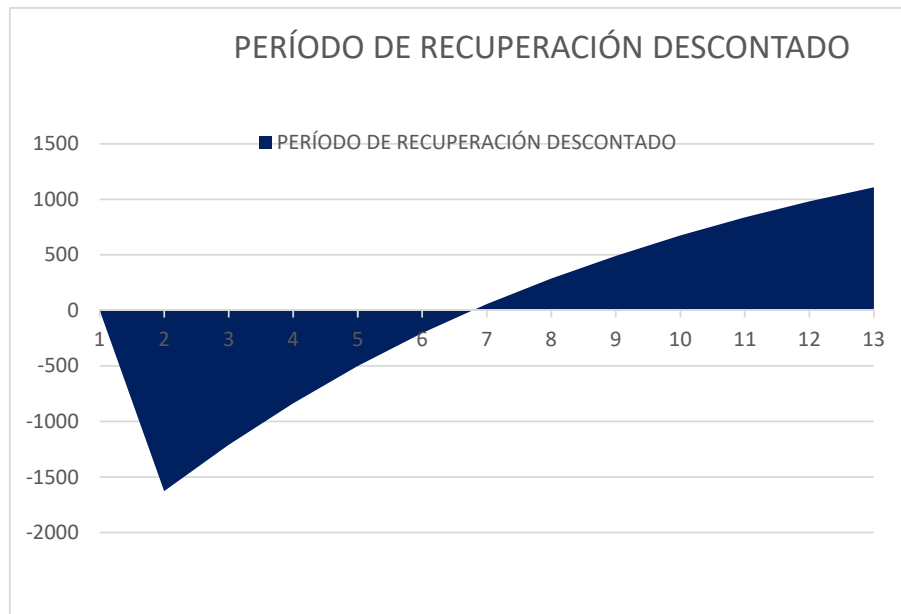


Fig. 31 Gráfico de PAY-BACK.

El tiempo en recuperar la inversión como se puede observar en la figura 31 es de 5 meses con 17 días aproximadamente.

CONCLUSIONES.

- En el planteamiento de alternativas de equipos para recarga de PQS fue elegida la alternativa 2 que es el equipo de recarga portátil, con 30 puntos, con la cual se diseñó y construyó la máquina.
- El esfuerzo que produce la soldadura en la tolva es de 35,7 MPa el cual es menor al esfuerzo admisible del acero AISI 1008 que es de 270 MPa y cumple con la siguiente ecuación: $\sigma \leq \sigma_{adm}$, el factor de seguridad es de 8.
- La presión que soporta la manguera que se seleccionó es de 200 psi, durante el funcionamiento de la máquina la presión de salida de la tolva a la manguera es de 50 psi; la manguera seleccionada soporta adecuadamente la presión de salida del PQS, el factor de seguridad es de 4.
- En la simulación que se realizó a la manguera con la presión de 0,354 MPa (50 psi aproximadamente) se evidenció que no había ninguna deformación que pudiera afectar el diseño.
- En la simulación del cuerpo de la tolva se pudo evidenciar que puede soportar la presión de 0,346 MPa sin sufrir deformación permanente, por lo que los puntos más críticos son en el área de soldadura.
- Durante las pruebas se comprobó que la máquina trabaja en los parámetros esperados con una presión de 25 psi no muy excesiva y un tiempo de llenado de un cilindro: de 2 kg. en 13 s, la de 4 kg. en 26 s y la de 8 kg. en 53s, sin presentar ninguna anomalía durante su funcionamiento.
- En el retorno de la inversión se obtiene cómo resultado que en 6 meses retorna la inversión realizada después de este periodo todo es ganancia.

RECOMENDACIONES.

- Implementar un dispositivo de medición de masa o visor en la parte frontal de la máquina de recarga de extintores para verificar la cantidad del polvo químico seco disponible en la tolva.
- Adaptar un recolector de residuos de polvo químico seco o un dispositivo de retorno a la tolva para bajar el porcentaje de pérdida de residuos y contaminantes al medio ambiente.
- Aumentar la capacidad de almacenamiento de polvo químico seco de la máquina bajo un análisis y estudio previo.
- Adaptar una balanza digital que de forma automática nos de los kilos de las diferentes capacidades de los extintores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «clases de fuego,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/clases%20fuegos.pdf>. [Último acceso: marzo 2017].
- [2] «textos científicos,» 11 agosto 2016. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=Porcentajes+de+elementos+qu%C3%ADmicos+en+el+aire.&newwindow=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiT75ySl9XUAhUBdiYKHbYFBxUQ_AUICigB&biw=1304&bih=702#imgsrc=om7CVIwCxaookM:. [Último acceso: 27 agosto 2016].
- [3] P. Torres, «saludlaboral,» 29 enero 2016. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=triangulo+del+fuego&newwindow=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiLz-ztmNXUAhXE7yYKHWFvB74Q_AUICigB&biw=1304&bih=702#imgsrc=1K3A6HP8u5DdKM:. [Último acceso: 20 febrero 2016].
- [4] grupo profuego, grupo profuego, 1985-2016. [En línea]. Available: <http://profuego.es/definicion-tipo-y-clasificacion-de-extintores/>. [Último acceso: 12 febrero 2016].
- [5] fire extinguisher, «direct industry,» marzo 2012. [En línea]. Available: www.directindustry.es/prod/pii-srl/product-70597-1222589.html. [Último acceso: 13 febrero 2016].
- [6] admin, «protección de incendios,» 15 abril 2011. [En línea]. Available: <http://www.seguridadproteccioncontraincendios.es/tipos-de-extintores-de-incendio/>. [Último acceso: 17 febrero 2016].
- [7] ecuatepi, «ecuatepi ingeniería de incendios,» 13 mayo 2015. [En línea]. Available: <https://ecuatepi.wordpress.com/2015/05/13/conoce-las-partes-de-un-extintor-pqs/>. [Último acceso: 16 febrero 2016].
- [8] C. D. S. Y. S. D. L. U. P. D. VALENCIA, «http://ccool.webs.upv.es/Salud_Laboral/Extintor/g5compos.htm,» ccoo, 12 Enero 2016. [En línea]. Available: http://ccool.webs.upv.es/Salud_Laboral/Extintor/g5compos.htm. [Último acceso: 06 Febrero 2018].

- [9] metro de Santiago, «metro,» noviembre 2013. [En línea]. Available: file:///C:/Users/Core%20I7/Downloads/EETT-MANT-Y-RECARGA-DE-EXTINTORES.pdf. [Último acceso: 2 marzo 2016].
- [10] covalex, «covalex,» [En línea]. Available: <http://www.covalex.es/mcep-03.html>. [Último acceso: mayo 2016].
- [11] P. C. RODRÍGUEZ, MANUAL DE SOLDADURA, PRIMERA ed., BUENOS AIRES: ALSINA, 2001.
- [12] R. BUDYNAS y J. K. NISBETT, DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY, OCTAVA ed., MÉXICO: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA, 2008.
- [13] R. MOTT, MECÁNICA DE FLUIDOS, SEXTA ed., MÉXICO: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [14] A. j. P. Guerra, «Mecanotecnia,» 01 Marzo 2009. [En línea]. Available: <http://mecanotecnia.blogspot.pe/2017/04/disenio-mecanico-de-tolvas-industriales.html>. [Último acceso: 22 mayo 2017].
- [15] DIPAC, «DIPACMANTA,» DIPAC, 01 01 2016. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/>. [Último acceso: 10 09 2017].
- [16] CHELIC CORPORATION, «CHELIC,» CHELIC, 01 01 2016. [En línea]. Available: <http://www.chelic.com/eng/Default.aspx>. [Último acceso: 31 AGOSTO 2017].
- [17] «formación en la lucha contra incendios,» [En línea]. Available: <http://www.licenciatura.unt.edu.ar/content/basico-fuego-extintores.pdf>. [Último acceso: 2017].

ANEXOS.

MANUALES.

Manual de operación de la máquina.

- Revisar que la fuente de aire de alimentación al pistón se encuentre entre 0,4 – 0,5 MPa.
- Verificar la presión manométrica de la tolva que no exceda de los 50 psi y no se encuentre bajo los 25 psi como mínimo.
- Revisar la hoja de control de recarga donde se colocará los datos de los kilogramos de PQS utilizados.
- Limpiar el filtro.
- Alimentar la máquina con 110 v C.A.
- Colocar la boquilla de recarga en el orificio del extintor y sujetar con la banda.
- Abrir la válvula de bola de $\frac{3}{4}$ de pulgada a $\frac{1}{4}$ de vuelta que se encuentra en la boquilla.
- Colocar sobre la balanza electrónica para ir verificando su peso.
- Escoger si se desea el modo manual o el modo automático.
- Si se selecciona el modo manual trabajar con el indicador y perilla del lado izquierdo; esta trabajará al ritmo que uno lo prefiera.
- Si se selecciona el modo automático, establecer el tiempo de llenado con el temporizador (timer) del tablero dependiendo la capacidad del extintor, una vez seleccionado el tiempo destinado para cada extintor mostrado en la tabla colocada en el mismo tablero de control, activar el pulsador para empezar la recarga.
- Una vez llenado el extintor con el producto se procede a poner en la posición de apagado la perilla principal de mando.
- Retirar el extintor de la balanza y proceder a retirar la boquilla de llenado retirando la banda.

Nota: en caso de fallar la correcta operación de la máquina presionar el paro de emergencia (botón de color rojo), colocado en la parte lateral derecha de la máquina.

Manual de mantenimiento.

Semanal.

- Revisar el manómetro de la tolva.
- Verificar que no existan fugas por la válvula check de la tolva.
- Limpiar la boquilla de llenado.
- Limpiar el filtro de salida de aire de la boquilla de llenado.
- Limpiar internamente con aire la tolva.
- Retirar el excedente de polvo químico seco de la manguera.
- Revisar el sistema de mantenimiento filtro regulador lubricador (FRL)

Mensual.

- Cambiar el filtro de salida del aire de la boquilla de llenado.
- Revisar que no existan fugas en las mangueras.
- Verificar que no esté obstruido el orificio de alivio de presión del tubo sifón de la tolva.
- Chequear las conexiones de los equipos neumáticos.
- Verificar que el fusible del tablero de control esté en buen estado.
- Limpiar el tablero de control.
- Revisar el sistema de paro de emergencia.

Trimestral.

- Revisar que el tablero de control se encuentre en perfecto funcionamiento, conexiones y equipos electrónicos.
- Verificar que las ruedas no tengan obstrucción.
- Verificar internamente, que en la tolva no se encuentre objetos que sean distintos al producto y a su vez que los residuos del producto estén compactados.
- Limpiar los acoples y conexiones de la tolva y la manguera.

Semestral.

- Verificar que la pérdida de presión de trabajo sea mínima ya que la tapa es tipo carburex.

- Revisar en su totalidad la tapa tipo carburex, empaque y rosca del eje de ajuste.
- Limpiar las válvulas de bola de ¼ de vuelta.
- Realizar limpieza total de los elementos de recarga y conexión con la tolva.
- Revisar que no aparezcan grietas o fisuras en las uniones soldadas de la máquina.

Anual.

- Revisar el empaque de la tapa de la tolva.
- Revisar el empaque del fondo de la tolva.
- Limpiar en su totalidad la máquina por dentro y fuera.
- Verificar que no exista presencia de óxido en las partes de la máquina.
- Retirar los residuos del producto, adheridos en la parte interna de la tolva.
- Verificar que no exista presencia de óxido en los pernos de las partes de la máquina.
- Limpiar el control de mando y verificar su perfecto funcionamiento.
- Calibración del manómetro de la tolva.